



Best Available Copy

DE 198 56 202 A 1

 (19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

 DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

 (12) **Offenlegungsschrift**
 (10) **DE 198 56 202 A 1**

 (51) Int.-Cl. 7:
H 02 N 2/04
F 02 M 51/06

 (21) Aktenzeichen: 198 56 202.0
 (22) Anmeldetag: 5. 12. 1998
 (43) Offenlegungstag: 15. 6. 2000

 (71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

 (74) Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

 (72) Erfinder:
Heinz, Rudolf, Dr., 71272 Renningen, DE

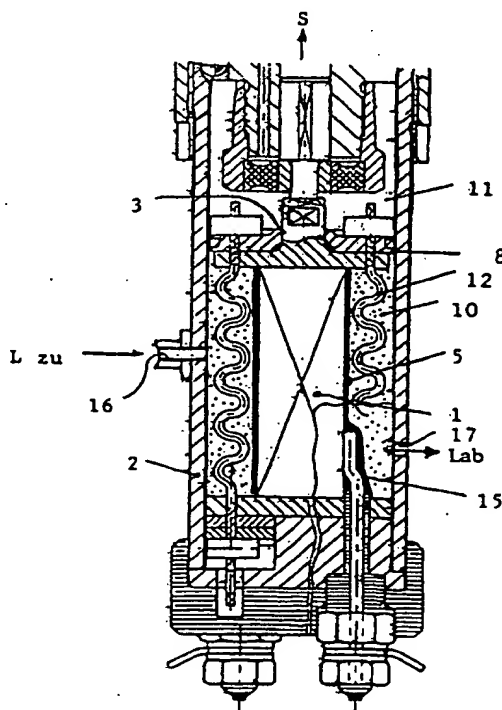
 (56) Entgegenhaltungen:
 DE 197 15 488-C1
 DE 196 26 671-C1
 DE 196 50 900 A1
 GB 13 31 763

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Piezoelektrischer Aktor

(57) Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper (1), insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, wobei der Aktorkörper (1) unter Einhaltung eines durch eine am Aktorkopf (3) querliegende axial bewegliche Trennwand (8) in einem oberen (11) und unteren Raum (10) unterteilten Zwischenraums (10, 11) von einer Modulwand (2) umgeben ist, der dadurch gekennzeichnet ist, daß der obere (11) und/oder untere Raum (10) von einem Kühlluftstrom (Lzu, Lab) zur Kühlung des Aktorkörpers (1) durchströmt ist (Figur 1).



DE 198 56 202 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem piezoelektrischen Aktor, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinanderge-
 schichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwi-
 schenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als
 Elektroden dienenden Schichten, wobei der Aktorkörper unter
 Einhaltung eines durch eine am Aktorkopf querliegende
 Trennwand in einen oberen und unteren Raum unterteilten
 Zwischenraums von einer Modulwand umgeben ist.

Ein derartiger piezoelektrischer Aktor ist zum Beispiel bekannt aus der DE 196 50 900 A1 der Robert Bosch GmbH.

Wie allgemein bekannt, können piezoelektrische Aktoren zum Beispiel für Einspritzventile eines Kraftfahrzeugmotors sowie in Bremssystemen mit Antiblockiersystem und Antischlupfregelungen eingesetzt werden.

Derartige mit piezoelektrischen Aktoren ausgestattete Einspritzventile besitzen eine durch ein stoßelartiges Verschlußorgan gesteuerte Einspritzdüse. Am Stoßel ist eine düsenseitige Wirkfläche angeordnet, die vom Druck des der Düse zugeführten Kraftstoffs beaufschlagt wird, wobei die Druckkräfte den Stoßel in Öffnungsrichtung des Verschlußorganes zu drängen suchen. Der Stoßel ragt mit einem plungerartigen Ende, dessen Querschnitt größer ist als die vorgenannte Wirkfläche, in eine Steuerkammer hinein. Der dort wirksame Druck sucht den Stoßel in Schließrichtung des Verschlußorganes zu bewegen. Die Steuerkammer ist über eine Eingangsdrössel mit der unter hohem Druck stehenden Kraftstoffzufuhr und über ein in der Regel gedrosseltes bzw. mit einer Ausgangsdrössel kombiniertes Auslaßventil mit einer nur geringen druckaufweisenden Kraftstoffrückführung verbunden. Bei geschlossenem Auslaßventil steht in der Steuerkammer ein hoher Druck an, durch den der Stoßel gegen den Druck an seiner düsenseitigen Wirkfläche in Schließrichtung des Verschlußorganes bewegt bzw. in Verschlußstellung gehalten wird. Beim Öffnen des Auslaßventils fällt der Druck in der Steuerkammer ab, wobei das Maß des Druckabfalles durch die Bemessung der Eingangsdrössel und des Drösselwiderstandes des geöffneten Ausgangsventiles bzw. der damit kombinierten Ausgangsdrössel bestimmt wird. Im Ergebnis vermindert sich der Druck in der Steuerkammer bei geöffnetem Auslaßventil derart, daß der Stoßel aufgrund der an seiner düsenseitigen Wirkfläche wirksamen Druckkräfte in Öffnungsrichtung des Verschlußorganes bewegt bzw. in Offenstellung gehalten wird.

Im Vergleich mit elektromagnetisch betätigten Einspritzventilen können piezoelektrische Aktoren schneller schalten. Allerdings muß beim Aufbau eines piezoelektrischen Aktors beachtet werden, daß durch innere Verluste im piezoelektrischen Körper des Aktors Verlustwärme entsteht, die abgeführt werden muß, damit sich der Aktor nicht überhitzt. Da die Keramikmaterialien der Piezokeramik eine schlechte Wärmeleitfähigkeit haben, ist die Wärmeableitung innerhalb des im wesentlichen aus Keramikmaterial bestehenden Aktorkörpers ungünstig.

Eine Kühlung des Aktors mit einem flüssigen Kühlmittel, wie zum Beispiel Kraftstoff, Wasser, Motoröl und dergleichen, ist ebenfalls ungünstig, zum einen wegen der Gefahr eines Kurzschlusses durch den auch im Kraftstoff und im Motoröl enthaltenen Wasseranteil und zum anderen wegen der Verteuerung des Aktormoduls aufgrund aufwendiger Abdichtungen, die eine Leckage des verwendeten Kühlmittels

insbesondere bei Erwärmung des Aktors ausschließen müssen.

Aufgaben und Vorteile der Erfindung

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, einen gattungsgemäßen piezoelektrischen Aktor so zu ermöglichen, daß eine Kühlung im Betrieb desselben ohne ein flüssiges Kühlmittel, wie zum Beispiel Motoröl, Wasser oder Kraftstoff möglich ist, daß der piezoelektrische Aktor einfach montiert werden kann und keine besonderen Abdichtungen wie bei einer Flüssigkeitskühlung notwendig sind.

Um diese Aufgaben zu lösen, ist ein erfindungsgemäßer piezoelektrischer Aktor dadurch gekennzeichnet, daß der obere und/oder untere Raum, der innerhalb der Modulwand den Aktorkörper umgibt, von einem Kühlluftstrom zur Kühlung des Aktorkörpers durchströmt ist.

Ein erfindungsgemäß gestalteter piezoelektrischer Aktor kann zur Kühlung des Aktorkörpers Druckluft verwenden, die bei Nutzkraftwagen ohnehin zur Verfügung steht. Auch kleine, durch das Aktormodul strömende Luftmengen genügen schon für eine ausreichende Aktorkühlung, und der Bauaufwand ist gering, abgesehen vom Schlauchanschluß zur Kühlluftzufuhr. Die Funktionssicherheit des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors ist groß, da keine flüssigen Kühlmittel aus dem Aktormodul austreten können.

Bei einer Ausführungsform wird ein Kühlluftstrom dem unteren Raum, der unterhalb der am Aktorkopf querliegenden Trennwand liegt, zugeführt. Bei dieser Ausführungsform ist durch einen den Aktorkörper und seine Stromanschlüsse ummantelnden Elastormäntel oder Schrumpfschlauch Sorge dafür getragen, daß eventuell im Kühlluftstrom enthaltene Feuchtigkeit keine Beschädigungen oder Kurzschlüsse im Inneren des Aktormoduls hervorrufen kann. Besondere Maßnahmen zur feuchtigkeitsdichten Abdichtung des oberen Raums gegen den vom Kühlluftstrom durchströmten unteren Raum sind entbehrlich.

Bei einer alternativen Ausführungsform ist nur der obere Raum über dem Aktorkopf von einem Kühlluftstrom durchströmt. In diesem Fall ist Sorge getragen, daß der obere Raum feuchtigkeitsdicht gegenüber dem unteren Raum abgedichtet ist. Bei dieser Ausführungsart kommt auch die Motorwärme nicht an den Aktorkörper. Dazu ist die am Aktorkopf querliegende Trennwand an ihrer Peripherie gegenüber der Aktorwand durch einen O-Ring abgedichtet. Zusätzlich kann wie bei der ersten Ausführungsform, bei der der Kühlluftstrom durch den unteren Raum strömt, der Aktorkörper und dessen Anschlußleitungen durch einen Elastormantel oder Schrumpfschlauch ummantelt sein. Weiterhin kann oberhalb der Trennwand ein zusätzlicher Elastormerdichtring zur Abdichtung vorgesehen sein, welcher an seiner Peripherie durch radiale Noppen oder eine ringförmige Sicke an der Modulwand fixiert ist. Im inneren Bereich ist durch eine gut wärmeleitfähige Klebstoffschicht eine Abdichtung des oberen Raums gegenüber dem unteren Raum erreichbar.

Bei einer weiteren Variante kann zusätzlich ein Kühlblech gut wärmeleitend mit der Trennwand verbunden sein und für eine zusätzliche Kühlung sorgen, da es sich in dem von der Kühlluft durchströmten oberen Raum befindet.

Statt einer elastischen Dichtung aus Elastormaterial kann auch eine Stahlmembran verwendet werden, die gleichzeitig eine gute Wärmeleitung hat und zu einer zusätzlichen Wärmeabfuhr vom unteren Raum des Aktormoduls in den von der Kühlluft durchströmten oberen Raums sorgt. Eine solche Stahlmembran kann durch Verschraubung mittels eines Schraubings dicht und wärmeleitend mit der Modulwand verbunden werden.

Besonders vorteilhaft läßt sich die Erfindung in Nutzkraftwagen zur Dieselmotorkraftstoff-Einspritzung in einem Common-Rail-Injektorsystem verwenden. Wie erwähnt, steht bei Nutzkraftwagen Druckluft zur Verfügung, von der eine kleine Luftmenge zur Kühlung des piezoelektrischen Aktors verwendet werden kann.

Nachstehend werden weitere vorteilhafte Merkmale eines erfindungsgemäß gestalteten piezoelektrischen Aktors anhand der verschiedenen Ausführungsbeispiele beschreibenden Beschreibung noch deutlicher, wenn diese bezugnehmend auf die Zeichnung gelesen wird.

Zeichnungen

Fig. 1 zeigt als schematischen Längsschnitt eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform eines piezoelektrischen Aktors;

Fig. 2 zeigt ebenfalls in Form eines schematischen Längsschnitts eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform eines piezoelektrischen Aktors;

Fig. 3A, 3B, 3C und 3D zeigen Ausschnitte bevorzugter Weiterbildungen der in Fig. 2 dargestellten zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform eines piezoelektrischen Aktors.

Ausführungsbeispiele

Bei dem in Fig. 1 als Teilschnitt in Längsrichtung dargestellten ersten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors ist ein Aktorkörper 1, der die Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden als Elektroden dienenden Schichten haben kann, mit seinen Stirnseiten links und rechts durch zwei Federbänder 12 zwischen einem unteren, nicht näher bezeichneten ruhenden Aktorfuß und einer oberen, am Aktorkopf 3 liegenden, als Trennwand 8 ausgeführten axial beweglichen Platte, elastisch vorgespannt. Das Aktormodul ist von einer metallischen Aktorwand 2 eingeschlossen.

Wenn der Aktorkörper 1 mit einer pulsierenden elektrischen Spannung an seinen Elektroden beaufschlagt wird, führt er analog pulsierende Hübe unter Änderung des Abstandes zwischen seinen zwischen der oberen beweglichen Platte und dem unteren Aktorfuß durch die Federbänder 12 eingespannten Stirnseiten aus. Diese Hübe werden am Aktorkopf 3 über einen Kolben auf die (nicht dargestellte) Nadel eines Ventils übertragen (siehe Wirkungspfeil S). Zu bemerken ist außerdem, daß die Elektrodenzuleitungen von denen in Fig. 1 nur eine sichtbar ist, nach unten zu nicht näher bezeichneten Anschlußklemmen geführt sind. Weiterhin unterteilt die axial bewegliche Trennwand 8 den den Aktorkörper 1 umgebenden Zwischenraum in einen unteren Raum 10, der den Aktorkörper 1 unmittelbar umgibt und einen über dem Aktorkopf 3 liegenden oberen Raum 11.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform weist der untere Abschnitt der Wand 2 des Aktormoduls eine Lufteinströmöffnung 16, durch die die Kühlluft Lzu einströmt und eine Luftausströmöffnung 17 auf, durch die die Kühlluft Lab ausströmt. Wie ersichtlich, liegen sich die Lufteinströmöffnung 16 und die Luftausströmöffnung 17 in der Modulwand 2 gegenüber und sind in Axialrichtung relativ zueinander versetzt. Dadurch wird eine besonders wirksame Luftumströmung des Aktorkörpers 1 erreicht. Der Aktorkörper 1 einschließlich seiner Elektrodenzuleitungen ist durch einen Elastomermantel oder Schrumpfschlauch 5, 15 vor direkter Luftfeuchte geschützt.

Allerdings kann die Elastomerschicht 5, 15 den Aktorkör-

per 1 nicht mit Sicherheit gegen Feuchtigkeit schützen, sobald stärkere Wasserbildung entsteht.

Da keine besonderen Maßnahmen für die Abdichtung des oberen Raums 11 gegen den unteren Raum 10 getroffen sind, kann Kühlluft in geringer Menge auch in den oberen Raum 11 gelangen.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors. Bei der in Fig. 2 gleichfalls im Längsschnitt dargestellten Ausführungsform ist der untere Raum 10 gegenüber dem oberen Raum 11 feuchtigkeitsdicht abgedichtet, und nur der obere Raum 11 ist von Kühlluft durchströmt. Dazu ist in der Modulwand 2 eine Lufteinströmöffnung 16 und gegenüberliegend eine Luftausströmöffnung 17 angebracht, durch die die Kühlluft Lzu einströmt und nach ihrer Kühlwirkung als ausströmende Luft Lab ausströmt. Der Luftstrom sorgt an dieser Stelle auch dafür, daß die Wärme vom Motorbereich durch Wärmeableitung nicht an den Aktorkörper 1 gelangt.

Zur Abdichtung des unteren Raums gegenüber dem oberen Raum 11 ist die Trennwand 8 im Bereich des Aktorkopfes 3 durch einen O-Ring 6 abgedichtet, der an der Innenseite der Modulwand 2 anliegt. Diese Abdichtung mit dem O-Ring 6 ermöglicht die axiale Beweglichkeit der Trennwand 8 und ist ausreichend, um Wasseransammlung im eigentlichen Aktorbereich, d. h. im Bereich des Aktorkörpers 1 zu vermeiden.

Fugen 4 an Stellen, an denen die Spannfedern 12 die bewegliche Trennwand 8 durchstoßen, sind mit Klebstoff dicht verklebt.

Vorteilhaft ist es auch hier, wenn der Aktorkörper 1 und die Elektrodenanschlüsse, wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform, jeweils von einem Elastomermantel 5, 15 ummantelt sind. Statt des Elastomermantels kann auch ein elastischer Lack zur Abdichtung und Isolation dienen oder ein Schrumpfschlauch.

Fig. 3A zeigt in vergrößerter Darstellung einen um den Aktorkopf 3 liegenden Abschnitt einer gegenüber der Ausführungsform in Fig. 2 verbesserten Ausführung. Zur Verbesserung der Abdichtung an der querliegenden Trennwand mit dem O-Ring 6 ist gemäß den Fig. 3A-3C ein Elastomerdichttring 18 eingebaut, der in seiner axialen Position durch radiale Noppen 19 in der Modulwand fixiert ist. Der Elastomerdichttring kann gemäß Fig. 3A ein Verbundkörper aus einem radial innenliegenden Metallring 18a einem radial außenliegenden Metallring 18b und einem dazwischen eingeschlossenen Elastomerring 18c sein. Innen wird im Bereich des Aktorkopfs durch eine gut wärmeleitfähige Klebstoffschicht 20 abgedichtet.

Zur besseren Wärmeabfuhr ist zusätzlich noch ein Kühlblech 21 gut wärmeleitend mit dem inneren Metallring 18a verbunden. Das Kühlblech 21 ragt in den von der Kühlluft durchströmten oberen Raum 11.

Fig. 3B zeigt eine Variante, bei der das Kühlblech 21 einstückig mit dem aus den drei Abschnitten 18a, 18c, 18b bestehenden Elastomerdichttring 18 ist.

In Fig. 3C ist eine weitere Variante dargestellt, bei der die Abdichtung mit einem Elastomerring 18, der wie in Fig. 3A gestaltet ist, ohne festen Innenring, wie bei einem Wellendichttring, erfolgt. Der Innenring 18a wird ersetzt durch den Aktorkopf 3.

Fig. 3D schließlich zeigt, daß die Abdichtung des unteren Raums 10 gegen den oberen Raum 11 statt mit einer Elastomerdichtung durch eine Stahlmembran 22 erfolgt. Eine solche Metallmembran 22 besitzt eine hervorragende Dichtwirkung und gleichzeitig eine gute Wärmeleitfähigkeit. Die Membran 22 ist gemäß Fig. 3D mit einem Schraubtring 23 an der Modulwand 2 festgelegt und ermöglicht dennoch die axiale Beweglichkeit des Aktorkopfs. Die Membran wird

innen an den Aktorkopf 3 angeschweißt.

Mit den erfindungsgemäßen Kühlmitteln, d. h. der den unteren Raum 10 und/oder oberen Raum 11 durchströmen- den Kühlluft und gegebenenfalls den zusätzlichen Maßnah- men, wie dem Kühlblech und der gut wärmeleitenden Ver- bindung zwischen Kühlblech und der Trennwand 8 im Be- reich des Aktorkopfs 3 bzw. mit der dichten Stahlmembran 22 gemäß Fig. 3D eignet sich ein erfindungsgemäßer piezo- elektrischer Aktor sehr gut zum Schalten von Injektoren, wie sie zum Einspritzen von Dieselmotoren bei Common- Rail-Injektorsystemen verwendet werden. Insbesondere bei Nutzkraftwagen kann ein geringer Anteil der ohnehin vor- handen Druckluft zur Kühlung des piezoelektrischen Aktors verwendet werden. Auch kleine Luftmengen genügen schon für eine ausreichende Aktorkühlung, und der Bauaufwand ist gering, abgesehen vom Schlauchanschluß für die Zu- und Abfuhr der Kühlluft. Die Funktionssicherheit ist groß, da kein flüssiges Kühlmittel, wie zum Beispiel Kraftstoff, Mo- toröl oder Wasser verwendet wird. Bei der zweiten Ausführ-ungsform, bei der die Kühlluft nur dem oberen Raum des Aktormoduls zugeführt wird, wird der Aktor sicher vor Luftfeuchtigkeit geschützt, und die Motorwärme kommt im Betrieb nicht an den Aktor.

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Aktor, insbesondere zur Betäti- gung von Steuerventilen oder Einspritzventilen an Ver- brennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem pie- zoelektrischen Aktorkörper (1) insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinanderge- schichteten Lagen piezoelektrischen Materials und da- zwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leiten- den, als Elektroden dienenden Schichten, wobei der Aktorkörper (1) unter Einhaltung eines durch eine am Aktorkopf (3) querliegende axial bewegliche Trenn- wand (8) in einen oberen (11) und unteren Raum (10) unterteilten Zwischenraums (10, 11) von einer Modul- wand (2) umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß der obere (11) und/oder untere Raum (10) von einem Kühlluftstrom (Lzu, Lab) zur Kühlung des Aktorkör- pers (1) durchströmt ist.
2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulwand (2) im Abschnitt des unteren Raums (10) eine Lufteinströmöffnung (16) und eine Luftausströmöffnung (17) aufweist.
3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftausströmöffnung (17) der Lufteinströmöffnung (16) gegenüber und axial versetzt relativ zur Lufteinströmöffnung (16) liegt.
4. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorange- henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktorkörper (1) einschließlich seiner Stromanschlüsse im Bereich des luftdurchströmten unteren Raums (10) durch einen Elastomermantel (5, 15) bzw. Schrumpf- schlauch oder eine Lackschicht gegen Feuchtigkeit ge- schützt ist.
5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nur der obere Raum (11) über dem Aktorkopf (3) von einem Kühlluftstrom durchströmt ist.
6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulwand (2) im Abschnitt des oberen Raums (11) eine Lufteinströmöffnung (16) und eine Luftausströmöffnung (17) aufweist.
7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Raum (10) ge- genüber dem oberen Raum (11) feuchtigkeitsdicht ab-

gedichtet ist.

8. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die querliegende Trennwand (8) an ihrer Peripherie gegenüber der Ak- torwand (2) durch einen O-Ring (6) abgedichtet ist.
9. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktorkörper (1) einschließlich seiner Stromanschlüsse im unteren Raum (10) durch einen Elastomermantel (5, 15) bzw. Schrumpfschlauch oder eine Lackschicht zum Schutz gegen Feuchtigkeit ummantelt ist.
10. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Elastomerdichtung (18) zur Abdichtung des oberen Raums (11) gegenüber dem unteren Raum (10) ober- halb der querliegenden Trennwand (8) vorgesehen ist.
11. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 10, da- durch gekennzeichnet, daß der Elastomerdichtung (18) durch in der Modulwand (2) angebrachte radiale Nop- pen (19) oder eine ringförmige Sicke axial fixiert ist.
12. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der obere Raum (11) gegenüber dem unteren Raum im Inneren durch eine gut wärmeleitfähige Klebstoffschicht (20) abgedichtet ist.
13. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorange- henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die querliegende Trennwand (8) aus Metall besteht und mit einem in den oberen Raum (11) ragenden Kühlblech (21) gut wärmeleitend verbunden ist.
14. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 13, da- durch gekennzeichnet, daß das Kühlblech und der Ela- stomerdichtung eine Einheit bilden.
15. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ober- halb der querliegenden Trennwand (8) eine Stahlmem- bran (22) vorgesehen ist, die elastisch den oberen Raum (11) gegenüber dem unteren Raum (10) abdich- tet.
16. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 15, da- durch gekennzeichnet, daß die Stahlmembran (22) durch einen Schraubring (23) form- und kraftschlüssig und gut wärmeleitend am Inneren der Modulwand (2) festgelegt ist.
17. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 15, da- durch gekennzeichnet, daß die Stahlmembran (22) in- nen an den Aktorkopf (3) angeschweißt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

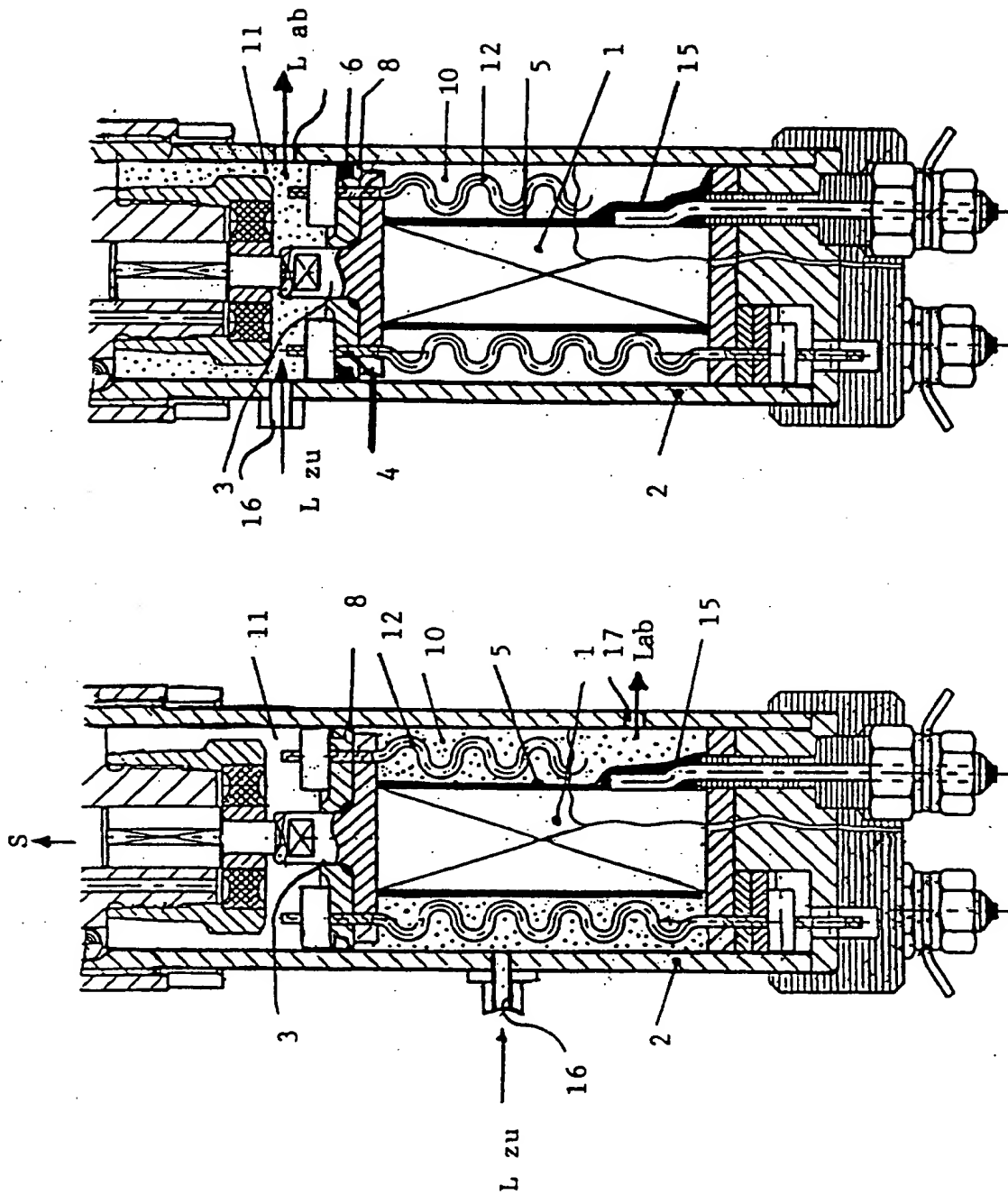


Fig. 1

Fig. 2

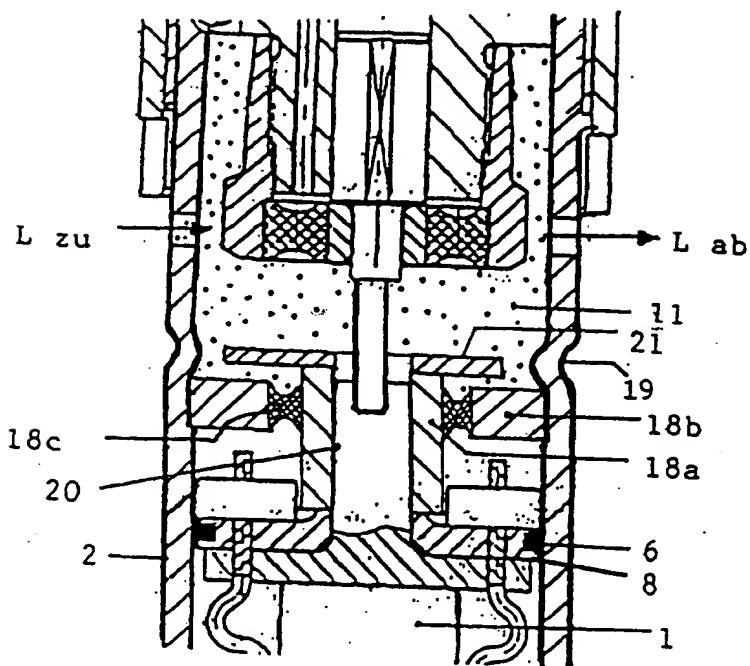


Fig. 3A

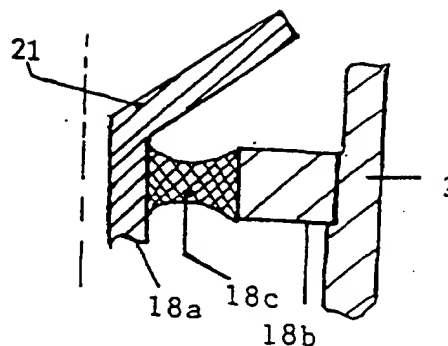


Fig. 3B

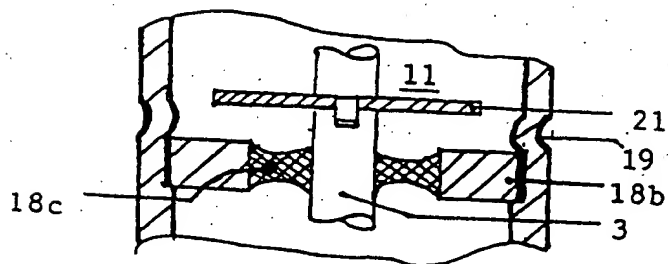


Fig. 3C

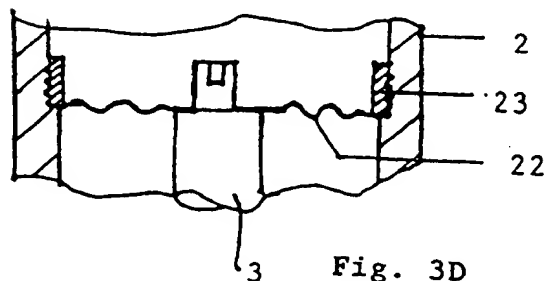


Fig. 3D